

Técnicas de electrónica de potencia para el electroaturdimiento y electrosacrificio, en el sector del atún rojo.

J.A. Villarejo¹, F. Soto¹, J. Roca¹, A. García², F. De la Gándara², G. Méndez³

¹ Grupo de Investigación “Electrónica Industrial y Médica” - Universidad Politécnica de Cartagena (España).

² Centro Oceanográfico de Murcia - Instituto Español de Oceanografía.

³ Ginés Méndez España S.L. – Atunes de Mazarrón (España).

e-mail: joaquin.roca@upct.es

Tel: +34 968 325 467

Fax: +34 968 325 345

Resumen

Las técnicas de electropesca utilizadas en agua dulce han sido adaptadas a la explotación industrial de la pesca en agua salada de especies como el atún rojo. Por desgracia, como consecuencia de las descargas eléctricas aplicadas, a través de un arpón, se producen daños en la espina que disminuyen la calidad del producto. Se describe aquí un proyecto que aborda el desarrollo de un convertidor electrónico de potencia, versátil y que permite estudiar diferentes formas de onda y su efecto sobre la calidad del producto.

1. Introducción

El sector del atún rojo en la Región de Murcia (Sudeste de España) exporta anualmente, al Japón, carne de atún por importe de 145 millones de dólares. Estos atunes, capturados salvajes, se crían industrialmente en jaulas flotantes o viveros; existiendo varias industrias dedicadas a este sector.

En primavera grandes cardúmenes de atún rojo adulto, procedentes del Atlántico, entran en el Mediterráneo. A mediados de Mayo se inicia una campaña de capturas entre las costas del sudeste español y las Islas Baleares, siendo parte de los atunes trasladados, vivos en jaulas flotantes, hasta las granjas de engorde. Allí una alimentación controlada, completamente natural favorece el crecimiento y engorde del atún.

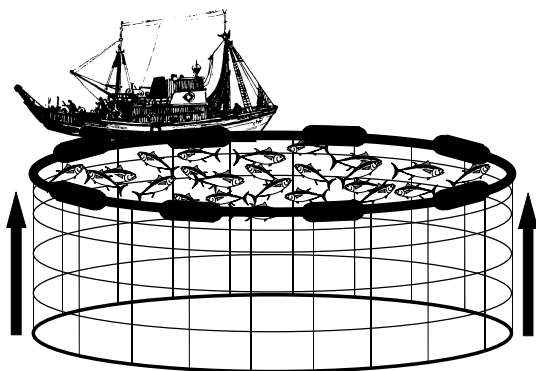


Fig. 1. Método de sacrificio del atún rojo por arma de fuego

Hasta la fecha, la técnica más utilizada para el sacrificio de los atunes es llevarlo a cabo mediante armas de fuego. Para ello es necesario elevar los atunes a la superficie izando las redes del fondo de las jaulas (Fig. 1) y disparando, (a los atunes), desde la cubierta del barco. El método descrito presenta dos inconvenientes: Los atunes así sacrificados mueren en condiciones de gran estrés, disminuyendo la calidad de su carne, como consecuencia de la acumulación de ácido láctico (el mercado japonés impone por ello penalizaciones económicas al precio de la carne), y por otro lado, es indispensable la presencia de buzos, entre los atunes, para el tensado de las redes; por lo que existe un gran peligro para los mismos (un atún puede pesar hasta 300 o más kilos). Además, hay que añadir a lo anterior, la nula selectividad de este método.

Con objeto de eliminar los inconvenientes descritos, la empresa G. Méndez España S.L., implantó la técnica de electrosacrificio en sus instalaciones. Esta técnica ha sido muy utilizada como electropesca, en agua dulce, donde la baja conductividad del agua permite someter a los peces a grandes campos eléctricos (Fig. 2). En agua de mar, esto es imposible debido a su elevada conductividad ($50\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$). La técnica desarrollada por la “Empresa” (Patente Europea N° 005001131.8) se aplica mediante arponeado submarino. El arpón se encuentra conectado al convertidor electrónico de potencia que va instalado en el barco de apoyo. Por desgracia, la descarga que se envía al arpón puede producir daños en la espina del atún y a la carne en su entorno; lo que puede originar otras penalizaciones económicas. Se ha comprobado que algunos tipos de onda producen, además, quemaduras y coágulos internos.

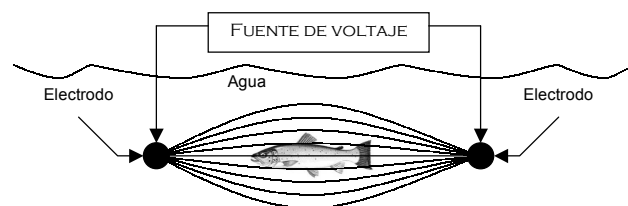


Fig. 2. Sistema de aturdimiento de peces con la generación de un campo eléctrico

2. Método de aturdimiento o electrosacrificio

En la jaula flotante o vivero (Fig. 3) se introducen, para iniciar la pesca, dos buceadores portando uno de ellos un fusil de pesca y el otro un pulsador submarino. El fusil lleva acoplado, a su arpón, un cabezal de teflón con puntera metálica, estando ésta conectada al equipo convertidor de potencia, instalado en el buque de apoyo, mediante un cable convenientemente aislado. Esta puntera metálica será pues uno de los polos del convertidor, correspondiéndose el otro con una pequeña placa metálica situada cerca del barco y que hará las veces de masa.

Cuando el buceador que lleva el fusil selecciona un atún, para su sacrificio, (por estimar que el ejemplar cumple con las condiciones adecuadas, como pueden ser distancia de tiro, peso, etc.) dispara contra éste, clavándole así el cabezal metálico unido al convertidor.

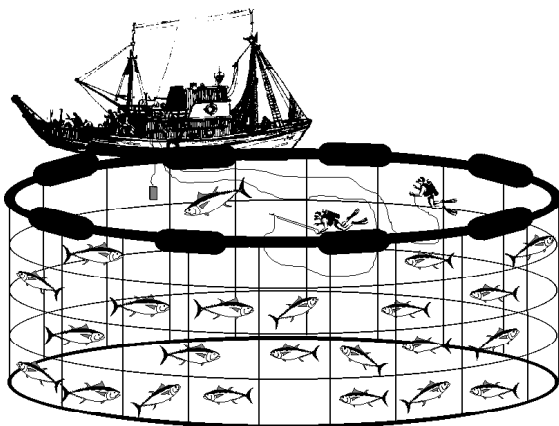


Fig. 3. Sistema de explotación de la empresa

El buceador que porta el pulsador, es quien tiene control sobre el convertidor de potencia, y lo activa cuando comprueba que el arpón ha sido clavado en el pez. A partir de este instante se aplica al pez una descarga eléctrica, con los parámetros y naturaleza de la señal seleccionada en el convertidor de potencia. Cuando el buceador considera que el pez está lo suficientemente aturdido o muerto deja de oprimir el pulsador, con lo que cesa la descarga.



Fig. 4. Comprobación de daños en la espina.

3. Problemática asociada a la técnica de electropesca

Tal y como se dijo en la introducción uno de los mayores problemas es la rotura de la espina (Fig. 4) como consecuencia de la contracción muscular que se produce

por la descarga. Un medio para reducir este efecto indeseable es reducir la potencia media aplicada al atún, así como la dinámica de la onda eléctrica que la transporta; desafortunadamente esto origina una disminución en la capacidad del método para “detener” al pez. Por lo tanto se presenta el reto tecnológico de encontrar un punto intermedio de trabajo donde manteniendo una eficacia aceptable del método en las capturas, se originen unos daños mínimos.

Las experiencias realizadas han permitido comprobar que influyen en la eficacia del método factores tales como: Situación del impacto, profundidad del impacto, aislamiento del arpón, contenido en grasa del pez, tamaño del mismo, formas de onda aplicadas, etc.

En la actualidad, el proyecto que se desarrolla pretende experimentar con la forma de onda a fin de poder alcanzar un efecto electroanestésico (con lo que el atún sería sacrificado una vez izado a la embarcación) y en caso de no poder garantizar este estado, controlar el proceso para hacerlo trabajar como sistema de electrosacrificio, pero en ambos casos reduciendo o eliminando roturas vertebrales, quemaduras, etc.

4. Equipo desarrollado

El desarrollo contiene tres partes bien diferenciadas (Fig. 5):

1. Convertidor de potencia.
2. Generador de señales arbitrarias.
3. Sistemas de seguridad.

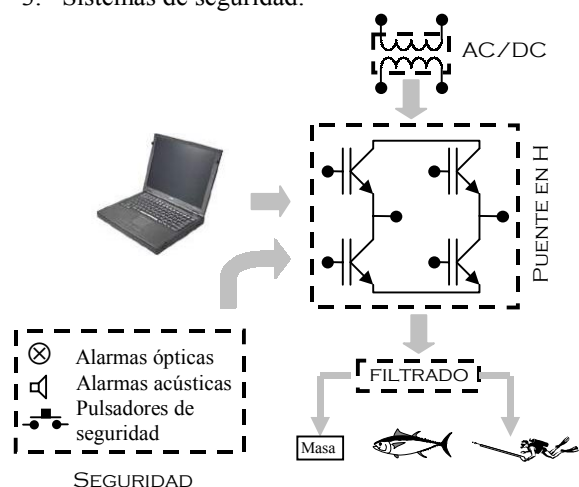


Fig. 5. Equipo desarrollado

En la actualidad se trabaja en tres prototipos. Del análisis estadístico de los resultados obtenidos con ellos, se está extrayendo información para determinar las características que debe tener el resto del desarrollo.

El convertidor de potencia se ha estructurado como un convertidor AC/DC, aislado, para evitar que salten las protecciones del barco (descarga a tierra) y un puente en “H”, modulado, para poder obtener tensiones (o corrientes) de la forma deseadas.

La forma de onda que finalmente se suministra al atún, viene dada por una tensión de referencia obtenida mediante un software diseñado para tal fin bajo entorno Labview que,

con la ayuda de una tarjeta conectada a un ordenador portátil, transfiere dicha señal al sistema de control del equipo de potencia. Se ha optado por esta solución a fin de poder realizar pruebas con cualquier tipo de onda; alterna, pulsatoria, por paquetes, etc.

La desconexión del sistema, por razones de seguridad, está en poder, tanto del buzo que posee el pulsador, como de un operario situado en cubierta encargado del control del equipo desarrollado. No se descarta que finalmente la conexión sea “inteligente”, detectando el arpón que se encuentra correctamente clavado. El ordenador está separado del equipo de potencia mediante un amplificador de aislamiento.

Se ha podido comprobar que con tensiones de pico no superiores a 150 V los peces morían, por otra parte la corriente según la zona de impacto oscila entre 1 y 7 A de pico (que por razón de las bajas relaciones cíclicas utilizadas corresponden a valores medios más que discretos). Las señales de frecuencias mayores a 1KHz, producen quemaduras y daños en la espina inaceptables. La gran dispersión de los valores de corriente no es debida a los distintos tamaños de los atunes, sino a las características anatómicas del punto de impacto y al estado de “aislamiento” del mismo. En funcionamiento en modo de electroanestesia, el equipo debe ser capaz de facilitar la máxima corriente para evitar que el pez escape. Con corrientes superiores se consigue el electrosacrificio.

5. Resultados obtenidos

Han sido probadas gran cantidad de formas de onda sobre un universo muestral de 240 atunes, de las que se facilitan la evolución de los resultados obtenidos según los indicadores de calidad desarrollados por la empresa y adaptados a las exigencias del mercado japonés. De todos los indicadores, los de mayor peso se corresponden con el color de la carne (*Core*) y el índice de rotura de espina (*RC*). Estos indicadores son evaluados por un experto que les asigna un valor numérico que oscila de 0 a 5, siendo el 5 el valor óptimo para el color (*Core*) y el 0 el valor óptimo para rotura de espina (*RC*). Como se puede comprobar en la Fig. 6, con la forma de onda N° 6 se consigue reducir el índice de roturas a 1.4, mientras el índice de color de carne se mantiene en un valor muy aceptable de 4 (Fig. 7). La descripción de cada uno de los tipos de onda empleado, se encuentra en la Tabla 1.

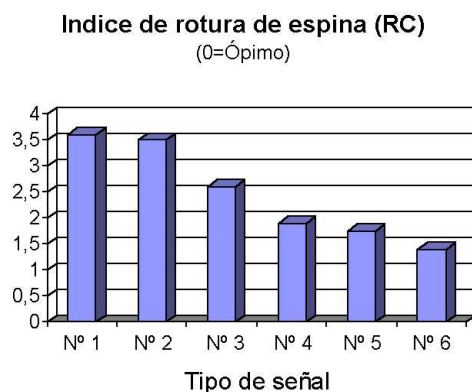


Fig. 6. Forma de onda vs. RC

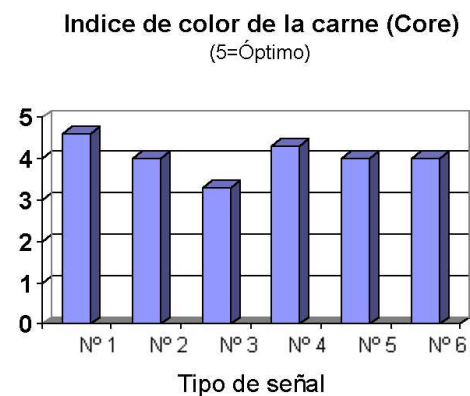


Fig. 7. Forma de onda vs. Core

Onda	Características
1	DC con limitación Voltaje/Intensidad
2	AC en alta frecuencia o pulsos DC en alta frecuencia, ambas con control de frecuencia
3	Trenes de pulsos DC de frecuencia y separación controlable
4	Pulsos DC de baja frecuencia con voltaje y relación cíclica controlables
5	AC controlada de ángulo de disparo variable (baja frecuencia)
6	Onda compleja de baja frecuencia con control de forma de onda

Tabla 1. Características de las ondas eléctricas empleadas para el sacrificio del atún rojo

6. Trabajos futuros

Se estima imprescindible:

- Optimizar la onda N° 6 por técnicas de modulación exponencial decreciente o similares.
- Probar nuevas formas de ondas.
- Obtener un modelado del atún por incrementos finitos, fiable, que permita obtener la distribución de corrientes en función de la zona de impacto, profundidad del arpón y zona de conducción del arpón.

7. Agradecimientos

El Grupo de Investigación Electrónica Industrial y Médica de la UPCT trabaja en este proyecto, (con un presupuesto de 6.5 M pesetas, unos 38.000\$), con el nombre; "Desarrollo de Técnicas de Electroaturdimiento y Electrosacrificio para el Sector del Atún Rojo". Este trabajo se realiza al amparo de los fondos económicos consignados al Programa de Estímulo a la Innovación y Transferencia de Tecnología de la Universidad Politécnica de Cartagena (convocatoria PEITT-UPCT-2000). Cofinancia el trabajo, con una duración de 18 meses, la empresa G. Méndez España S.L.(uno de los líderes en el sector del atún rojo). Igualmente colabora el Instituto Español de Oceanografía. En la actualidad, y utilizando este proyecto como puente, se pretende plantear un Proyecto Europeo que profundice en otros aspectos del sector del atún rojo.

Referencias

- [1] Reynolds, J.B. 1996. *Electrofishing*. In: B.R. Murphy and D.W. Willis (Editors), Fisheries Techniques, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, pp. 221-253.
- [2] McMichael, G.A. 1993. *Examination of electrofishing injury and short-term mortality in hatchery rainbow trout*. N. Am. J. Fish. Man. 13: 229-233.